設施蘆筍省工管理及節水栽培模式建立

謝明憲*、陳水心*、郭明池、林經偉**、鍾瑞永**
* 臺南區農業改良場義竹工作站
** 臺南區農業改良場作物環境課

一、摘要

蘆筍為高經濟價值作物，設施蘆筍生產不僅可穩定生產，且有提升產量及品質效益，也具高收益潛力。但因欠缺有經驗技術之勞工及最適化灌溉管理技術為設施蘆筍之主要生產困境，因此迫切需要導入省工作業機具及節水灌溉等技術，以提升產品品質及良品率。歷經2年試驗，研究成果計有導入土壤EC值及水分感測器應用，依據蘆筍不同生育期，建立最適水養分供給模式。設施蘆筍應用穩定養液之嫩莖產量及鮮嫩度品質穩定性均顯著高於溝灌組，且滴灌需水量低於50%溝灌用水量。導入綠籬機+背負型圓盤鋸齒式割草機割除母莖，再應用經修改刀具之碎枝機就地碎化母莖，作業效率較人工處理組分別提升2.5及20倍以上，推廣應用將可解決每年春夏秋三產季前需割除及移除母莖之人力不足問題。

關鍵字：蘆筍、設施、省工、滴灌

二、前言

臺灣蘆筍產業發展從早年以生產白蘆筍及加工製罐供應外銷，罐頭出口量雖在1980年曾佔世界蘆筍罐頭貿易量70%以上[6]。之後為因應全球貿易轉換，已改變生產綠蘆筍供應內銷鮮食。但產業因露天生產易受天候影響、工資上揚及採收難以機械化，生產面積逐年減少，自1997年起均大量進口生鮮綠蘆筍供應國內市場所需，從2001年起至2016年間超過進口總量77%皆從泰國進口供應。惟近十年來泰國蘆筍栽培面積及收穫量逐年劇減，出口至臺灣數量也降低，臺灣也面臨國產蘆筍生產自給率逐年遞減，致使國內綠蘆筍年平均拍賣價格在近5年來逐年劇升。由於市場供給未能滿足消費需求，每年每人平均消費量也逐年降低[9]。

面對國內蘆筍生產量未能滿足消費市場需求量，因此實有必要鼓勵在地生產以取代進口供應，而推廣設施蘆筍栽培為重要策略，有利於因應異常氣候或強降雨天候、降低病蟲危害、穩定品質及提升產量，並可用於建立延長採收期技術，周年穩定供應，提升國內蘆筍消費市場自給率。臺南區農業改場已應用設施生產模式及不留母莖技術以達成產期提前目標，藉由分區接力生產以達成穩定生產目的，結果顯示冬季低溫期以不留母莖管理模式，可提早自1月起採收，全年產量及產值不亞於傳統生產模式。維持留母莖管理之傳統生產模式可延長採收期至每年11月底。證實設施栽培蘆筍結合

應用不留母莖之產期提前及留母莖之傳統生產模式，可達成計11個月之近周年均有蘆筍嫩莖生產供應之目標[10]。

留母莖栽培雖然是臺灣蘆筍產業得以延續的關鍵技術，但不論慣行栽培於春夏秋三季生產，或應用產期調節技術於冬春夏三季生產，每年均需進行三次割除母莖作業[2,3]，且惟需耗費大量人力進行割除作業，此外要將割後母莖移除栽培設施外，更讓生產者難以短間時內完成處理。目前已知在果園小型自走式果樹殘枝粉碎機成功開發，可用於各種果樹殘枝粉碎作業，有助於作物廢棄殘體資源化、合理化利用，也利於粉碎物快速腐化及用於改善土壤理化性質與維護果園清潔[4,5]。

蘆筍蒸散量小，貯藏根系發達，比較耐旱，在短時間內供水不足，雖可利用貯藏根系內的水分維持生命，使筍株不會向其他作物那樣很快的發生萎凋或枯死。但在採筍期假如過於乾旱，將導致嫩莖細弱，生長芽回縮，嚴重減產。由於蘆筍極不耐濕，土壤積水，通氣性差，會嚴重影響根系和磷芽發育，甚至造成根部腐爛而導致植株死亡。此外，蘆筍嫩芽含水量比較多，採收時間比較長，隨著蘆筍嫩莖產量的提高，蘆筍於採筍期間需水量也增多[1]。

設施蘆栽培之水分管理不同於露天栽培，設施內採用傳統溝灌不僅造成設施高溼問題，也阻礙採收作業。利用養液滴灌可為設施蘆筍栽培持續地均勻供水。應用滴灌補充水分，具容易控制給水量優勢，且只要制定出灌溉計畫，滴灌的水量也可容易掌握，有利於提升節水栽培功效[7]。蘆筍栽培以滴灌系統供水及供肥可以同時進行，可以有效地節水、節肥、節省人工，為蘆筍根系提供一個合適的土壤環境，使蘆筍的根系在最適合的環境裡生長，根系發達才能枝葉繁茂。傳統採用大水溝灌既浪費水資源，又不利於蘆筍生長。養液滴灌技術系統可比大水溝灌節約水資源，節約澆水、施肥人工費用[11]。

為建立設施蘆筍省工管理及節水栽培模式，本研究重點計有為建立筍養液滴灌節水栽培管理技術：因蘆筍為多年生且屬需肥量高之作物，應用養液滴灌利於提升施肥效率，有效減少肥料施用量，且可取代傳統溝灌操作，減緩蘆筍地下部根盤上升速率，增加設施蘆筍栽培年限；免除採收期間持續溝灌易引發病害問題，具提升產能效益；避免溝灌導致畦溝泥濘，因而有利田間助操作及提升採收綠蘆筍效率。其次開發設施蘆筍省工化清除母莖技術：基於臺南區農業改良場已建立冬季綠蘆筍生產之產期調節操作，再藉由導入農業機械取代人力執行快速清除母莖作業，更有助於克服人工短缺問題，提升產期調節作業效率。

三、材料與方法

3.1 養液滴灌與傳統溝灌生產嫩莖產量與品質比較：以雲林縣東勢鄉筍農於104及105年度秋植設施蘆筍分二棟溫室執行滴灌與溝灌等二種灌溉模式試驗比較。分析比較應用養液滴灌之綠蘆筍各期作嫩莖產量、合格品率及脆度。以確保提升設施蘆

筍產量及品質。

3.1.1 處理項目：(1)養液滴灌組：應用土壤濕度感測器，進行灌灌溉時程管理，以維持適度土壤水分張力，並依不同生育期將所需土壤水分張力條件區分為：A.採筍期：**-23～-32 kPa、B.留母莖期：-17～-23 kPa、C.休閒期：-30～-50 kPa。**另應用土壤 EC 感測器，進行養液供給量管理，以維持適度土壤 EC 值，並依不同生育期將所需養液供給量區分為：A.採筍期施用台肥 1 號即溶複合肥為每週 5.5 公斤。B.留母莖期及休閒期施用台肥 43 號即溶複合肥，分別為每週 5 公斤及 4 公斤。(2)傳統溝灌組：灌灌溉時程管理在採筍期及留母莖期為每周溝灌 2 次，並將畦溝分單號與雙號進行輪灌，休閒期每月灌溉 1 次。依合理化施肥推薦，將不同生育期將所需肥料區分為：A.春肥：台肥 1 號複合肥料 80 Kg、B.春季採收肥：尿素 24 Kg、C.夏肥：台肥 1 號複合肥料 50 Kg、D.秋肥：台肥 1 號複合肥料 50 Kg、E 秋採收肥：尿素 25 Kg、F.冬肥：台肥 1 號複合肥料 80 Kg。

3.2.2 試驗調查項目：(1)試驗調查小區尺寸：行距 1.5 公尺，長 66.7 公尺(面積：100 M^2)。(2)採收期間每日調查各試區內嫩莖採收重量及支數，並依合格品(莖粗＞8mm)及格外品(莖粗＜8 mm)二類分開調查，另應用物性測定儀測定切斷嫩莖需咬斷力、數位式糖度計測定可溶性固形物含量(糖度)。

3.2 機械取代人力割除老化母莖效率評估：藉由導入「綠籬機」及「背負型圓盤鋸齒式割草機」分段進行機割除老化母莖為處理組，另以人力持刀進行割除作業為對照組，比較二者之作業效率。

3.2.1 處理項目：(1)輔具割除組：應用「綠籬機」及「背負型圓盤鋸齒式割草機」割除老化母莖。其中「綠籬機」係使用雙刀、重量輕及振動小之機型。「背負型圓盤鋸齒式割草機」具備有「剪刀式刀盤」，作業程序為先用「綠籬機」割除母莖地上部，再用「背負型圓盤鋸齒式割草機」割除露出土表之母莖殘樁。(2)人工割除組：應用鐮刀以人力割除老化母莖。

3.2.2 試驗調查項目：(1)試驗調查小區尺寸：行距 1.5 公尺，長 66.7 公尺(面積：100 M^2)。(2)作業時間紀錄：A.記錄每小區以人工割除老化母莖所需時間，分三重複。B.記錄每小區以「綠籬機」割除老化母莖(地上部 10 公分以上)所需時間，分三重複。C.記錄每小區以「背負型圓盤鋸齒式割草機」割除露出土表之母莖殘樁所需時間，分三重複。

3.3 碎枝機就地碎化老化母莖效率評估：老化母莖被割除後次日，應用已修改刀具之自走式碎枝機進行就地碎化為處理組，另以人力搬移被割取母莖至溫室外之作業為對照組，比較二者之作業效率。

3.3.1 處理項目：(1)就地碎化組：選擇於處理前一日割除之老化母莖進行就地碎化，惟試驗設備係應用現有小型自走式碎枝機，修改其碎枝刀具，以符合畦溝碎枝作業。(2)人工搬移組：應用人力徒手搬移割除後老化母莖至栽培溫室之外部集中處理。

3.3.2 試驗調查項目：(1)試驗調查小區尺寸：行距 1.5 公尺，長 66.7 公尺(面積：100 M^2)。(2)作業時間紀錄：A.記錄每小區以自走式碎枝機就地碎化母莖所需時間，分三重複。B.記錄每小區以人力搬移老化母莖所需時間，分三重複。

四、結果與討論

4.1 養液滴灌與傳統溝灌生產嫩莖產量與品質比較：

4.1.1.**105 年度產量比較**：設施蘆筍於 104 年 10 月 9 日定植，105 年度累計收穫 157 天(表 1)，滴灌試區 0.1 公頃總產量為 1012.6±88.0 公斤，顯著高於溝灌試區為 554.5±54.0 公斤。另在合格品比率比較，滴灌試區為 32.4±2.3%，顯著高於溝灌區 24.7±2.2%。105 年度設施蘆筍滴灌與溝灌栽培之用水量比較，試驗主要以比較嫩莖採收期之灌溉用水量，滴灌試區每 0.1 公頃每日用水量為 2.8 公噸，1 週 7 日合計用水量為 19.6 公噸。溝灌區每週灌溉 1 次，每 0.1 公頃每週用水量計 41.6 公噸。滴灌試區用水量為溝灌試區的 47.1%，應用滴灌之節水效率超過 50%以上。

表 1. 105 年度設施蘆筍滴管與溝灌之產量比較

調查項目		1 年生滴灌	1 年生溝灌
採收天數		157	157
合格品量	產量（kg）	325.7±22.1	138.0±33.7
	支數（支）	17171±707	6233±1450
總收量	產量（kg）	1012.6±88.0	554.5±54.0
	支數（支）	71243±9211	42166±3276
合格品單支重（g）		23.3±5.2	21.9±5.9
合格品比率（%）		32.4±2.3	24.7±2.2

嫩莖長度 24 公分、粗細 0.8 公分以上為合格品面積單位：0.1 公頃

表 2. 106 年度設施蘆筍滴管與溝灌之產量比較

調查項目		2 年生滴灌	1 年生溝灌	2 年生溝灌
採收天數		151	165	151
合格量	產量（kg）	997.7±111.4	827.6±68.1	671.8±123.5
	支數（支）	46493±4677	41150±3527	29700±4357
總收量	產量（kg）	2081.8±140.5	1966.9±41.6	1467.7±77.2
	支數（支）	169858±15096	166100±2288	125266±4022
合格品單支重（g）		20.3±4.0	19.3±3.1	21.1±4.7
合格品比率（%）		48.0±2.3	42.0±1.1	45.6±2.7

嫩莖長度 24 公分、粗細 0.8 公分以上為合格品(面積單位：0.1 公頃)

4.1.2**106 年度產量比較**：106 年度調查試驗區(2 年生滴灌區及 2 年生溝灌區)，係於相鄰溫室另增加試作點，於 105 年 10 月 11 日定植(1 年生滴灌區)，106 年度 2 年生滴灌區及 2 年生溝灌區均各累計收穫 151 天，1 年生滴灌區則累計收穫 165 天(表 2)，2 年生滴灌區 0.1 公頃總產量為 2081.8±140.5 公斤，顯著高於 2 年生溝灌試區 1467.7±77.2 公斤，但與 1 年生滴灌區無顯著差異。另在合格品比率比較,2 年滴灌試區為 48.0±2.3%,顯著高於 1 年生滴灌區溝灌區 42.0±1.1，但與 2 年生溝灌區無顯著差異。106 年度設施蘆筍滴灌與溝灌栽培之用水量比較，試驗主要以比較嫩莖採收期之灌溉用水量，滴灌試區每 0.1 公頃每日用水量為 5.2 公噸，1 週 7 日合計用水量為 38.5 公噸。溝灌區每週灌溉 2 次，每 0.1 公頃每週用水量計 83.2 公噸。滴灌試區用水量為溝灌試區的 46.2%，應用滴灌之節水效率超過 50%以上。本項試驗在 105 年度種植第 1 年滴灌試區 0.1 公頃總產量僅為 1012.6±88.0 公斤,雖然在 106 年度新種植第 1 年滴灌試區 0.1 公頃總產量僅為 1966.9±41.6 公斤，其落差原因係 105 年度春季採收期，設施內遭逢斜紋夜蛾嚴重危害，除影響收穫量，105 年春季採收期也被迫提前結束；106 年度試區雖然受到 5 月 31 日豪雨淹水近 24 小時影響，106 年春季採收期也被迫提前結束，但植株受損尚屬輕微，因此夏季採收期也提前開始，故 106 年度新種植第 1 年滴灌試區產量高於 105 年度種植之第 1 年滴灌試區。

表 3. 設施蘆筍滴管與溝灌之嫩莖咬斷力比較(單位：公克)

	24cm	24cm	22cm	22cm
調查日期	滴灌	溝灌	滴灌	溝灌
04/19	10178±2257	18328±2144	4992±1861	10080±1830
04/26	10822±1151	15393±2043	4377±1022	5864±1136
4.79±0.55	8925±2328	13309±2765	4497±1183	8550±2751
4.89±0.41	10665±1752	12145±1215	4203±1253	5503±1062
4.96±0.41	10145±1752	14212±1834	4503±1253	6700±1105
4.70±0.45	10635±1691	15599±2795	4702±1279	7791±2222
05/31	9215±1061	14344±1091	4485±1027	8101± 935
06/07	10226±1364	11499± 808	4130± 909	8795±1164

106 年 6 月 3 日試驗田遭洪水淹沒過畦面約 24 小時

4.1.3 **品質(咬斷力)比較**：本項調查係 106 年自 4 月 19 日起於養液滴灌及傳統溝灌組，每週風機取樣一次，樣品規格為採收時長度達 26 公分，直徑均為 1 公分，應用物性分析儀紀錄切斷每一嫩莖距頂端 22 及 24 公分所需力量。每一處理調查 24 支。由表 3 測定咬斷力分析結果，顯示在嫩莖 24cm 處切斷時，養液

滴灌組所需平均咬斷力小於 11,000 公克，然在傳統溝灌組則大於 12,000 公克，甚至有高達 18,000 公克以上。而在嫩莖 22cm 處切斷時，養液滴灌組所需平均咬斷力小於 5,000 公克，然在傳統溝灌組則大於 5,500 公克，甚至有高達 10,000 公克以上。推測因養液滴灌組供水較為穩定，乾濕變化波動小於傳統溝灌組，因此在養液滴灌組嫩莖品質相對穩定，所需咬斷力數值低且變異程度較小。

4.1.4 **品質(糖度)比較**：本項調查係 106 年自 4 月 19 日起於養液滴灌及傳統溝灌組，每週風機取樣一次，樣品規格為採收時長度達 26 公分，直徑均為 1 公分，應用數位型糖度計分析錄切斷每一嫩莖距頂端 22 及 24 公分所需力量。每一處理調查 24 支。由表 5 測定咬斷力分析結果，顯示。本項調查係 106 年自 4 月 19 日起於養液滴灌及傳統溝灌組，每週風機取樣一次，樣品規格為採收時長度達 26 公分，直徑均為 1 公分，切取嫩莖距頂端 22 至 24 公分小段，榨取汁液並應用數位式糖度計測定糖度，每一處理量測 24 支。由表 6 測定糖度分析結果，顯示養液滴灌組生產嫩莖經每週次之取樣分析之平均糖度數值均高於傳統溝灌組，但依據因各處理之平均值標準偏差分析，顯示二處理間之嫩莖糖度相似，故養液滴灌無明顯提升糖度品質成效。

表 4. 設施蘆筍滴管與溝灌之嫩莖糖度比較單位：^{O}Brix)

	22-24cm	22-24cm
調查日期	滴灌	溝灌
04/19	4.52±0.46	4.03±0.71
04/26	4.42±0.43	4.38±0.25
05/03	4.79±0.55	4.54±0.55
05/10	4.89±0.41	4.83±0.39
05/17	4.96±0.41	4.89±0.68
05/24	4.70±0.45	4.63±0.56
05/31	4.55±0.44	4.38±0.38
06/07	5.31±0.39	4.73±0.47

106 年 6 月 3 日試驗田遭洪水淹沒過畦面約 24 小時

4.2 機械取代人力割除老化母莖效率評估：

臺灣蘆筍產業興起於應用留母莖栽培，成功因素不僅有貯藏根前一年貯藏的養分支持，也因有留母莖能行光合作用供應碳水化合物，滿足嫩莖生長發育之養分需求。傳統每年採收期程主要分為春季、夏季及秋季等三採收期，惟每季採收期前，基於植株之地上部(母莖)多已老化或枯黃，光合作用效率不佳，老化母莖需割除，並重新培育健壯母莖，以利持續蓄積養分於地下部貯藏根，通常每年需執行割除母莖三次。為

求蘆筍植株生育整齊，必須在短時間內完成割除工作，對於筍農而言是項沉重負擔工作。近年來藉由合理的肥培及適切的灌溉管理，已有能力將春季採收期延後，並將秋季採收期提前，即採收期僅分為春季及夏秋季二期。

由於每年至少仍需執行割除老化母莖二次，因此本場藉由導入輔具(綠籬機+背負型圓盤鋸齒式割草機)，建立「割除老化母莖省工作業模式」，係為解決蘆筍栽培人力不足問題，更有助於縮短割除作業時間之優勢。依據表 5 結果，傳統老化母莖更新方式及作業效率，使用鐮刀於靠近莖基部，且位於土表下約 2 公分處割下；作業人員需採蹲式及持續彎腰操作，另因老化母莖已呈木質化，質地韌硬，人力割除需較費力，估計 0.1 公頃平均費時約 20-24 小時。

表 5.應用省工輔具割除老化母莖之作業時間調查(單位：分鐘)

重複 (0.01 ha)	人力割除	綠籬機 (機械前半作業)	割草機 (機械後半作業)	機械作業 時間合計
第一重複	102	30.3	16.3	46.6
第二重複	131	27.9	15.0	42.9
第三重複	162	31.5	16.9	48.4
平均值	132	29.9	16.1	46.0
標準偏差(SD)	30	1.8	1.0	2.8

註：調查日期：106 年 2 月 7 日試驗地點：雲林縣東勢鄉牛埔頭舒活農場紀錄人員：黃志偉

圖1. 春季採收期前之割除母莖適期指標：圖右為地下部根盤芽體(呈三角形)剛露白時為割除母莖適期，圖左為根盤芽體露白後約歷經2～3日。

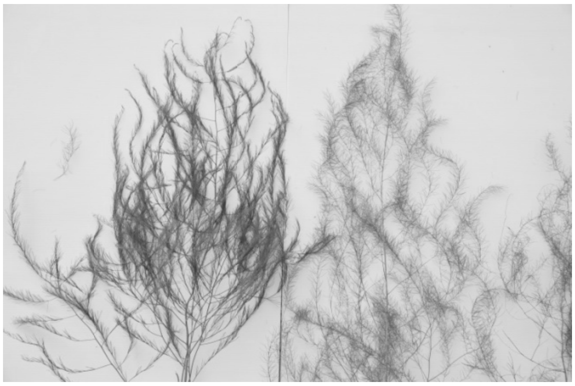

圖2. 終止春季或夏季採收期並割除老化母莖暨重留母莖指標：圖左為嫩莖採收中期之莖葉濃綠、小葉多而緊密；圖右為嫩莖採收末期之葉色淡且多枯黃、小葉數稀疏，未見新生葉。

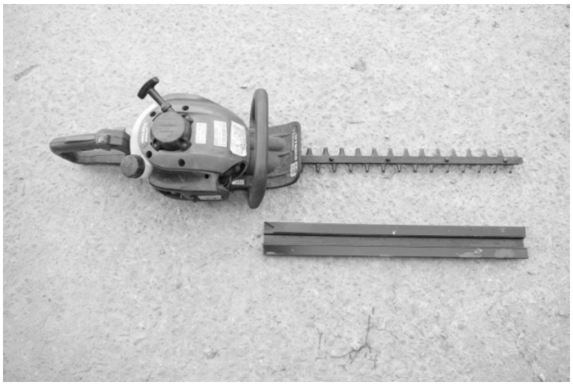

圖3. 綠籬機之雙刃機型。

圖4. 使用綠籬機作業首要步驟為割除固定網之上層母莖。

圖5. 使用綠籬機作業第二步驟為割除固定網之下層母莖。

圖6. 背負型圓盤鋸齒式割草機割需具備「剪刀式刀盤」。

圖7. 完成裝置「剪刀式刀盤」之背負型圓盤鋸齒式割草機。

圖8. 背負型圓盤鋸齒式割草機割除地上部母莖殘椿。

圖9. 背負型圓盤鋸齒式割草機割除作業要點，建議將刀盤斜插入土表下約2公分處，確保割除後表土順利覆蓋莖基切口。

圖10. 母莖割除後重新留母莖之生育初期

在應用綠籬機+背負型圓盤鋸齒式割草機割除母莖之省工作業效率(圖 1～10)，為確保作業順暢，綠籬機係採用雙刃、重量輕及振動小之機型。作業時先一次割除固定網上層母莖，完成後再割除固定網下層母莖。為達成如同人工割除作業成效，也於靠近莖基部，且位於土表下約 2 公分處割除地上部母莖殘樁。背負型圓盤鋸齒式割草機係採用具備「剪刀式刀盤」，作業時係將刀盤斜插入土表下約 2 公分處，確保割除後表土順利覆蓋莖基切口。應用綠籬機+背負型圓盤鋸齒式割草機割除母莖之作業效率，估計 0.1 公頃平均需費時約 7 小時 40 分±28 分，作業效率較傳統操作提升約 2.5 倍以上。

4.3 碎枝機就地碎化老化母莖效率評估：

蘆筍栽培之栽植行株距一般建議為 1.5×0.2 公尺，以增長蘆筍植株壽命。因此以 3 年生綠蘆筍成株為例，每季所需保留母莖數，估計每 0.1 公頃約在 9,500～16,500 支，割除廢棄時數量極多且佔空間。從單枝母莖的重量，至不同年齡蘆筍每叢根盤的留母莖數，並基於栽植的最適行株距之估算，每 0.1 公頃蘆筍田之割除後母莖的移除重量至少達 1.35～2.35 公噸。若能就地碎化，將有利植體養分及有機質回歸栽培區土壤。

依據表 6 結果，傳統人統人力人工搬移割除後老化母莖，由於畦狹長，有固定網阻隔橫向跨越畦面，需來回走動，且每次搬移數量有限，每百公尺作業約耗時近 3 小時，0.1 公頃面積若以單一人力，從溫室內搬移至溫室外堆置需費時約 20 小時。但碎枝機就地碎化堆置在 100 公尺畦溝長度的老化母莖，平均操作直線行進時間約 5 分 30 秒，終點迴轉時間約 25 秒，6 分鐘內可完成就地碎化，採用改良式碎枝機可 1 小時內處理完 0.1 公頃，應用改良式碎枝機之就地碎化作業效率，為單一人工搬移之 20 倍。

表 6.應用省工輔具就地碎化母莖之作業時間調查(單位：秒)

重複 (100 公尺)	人力搬移	碎枝機 直行作業	碎枝機 迴轉行進	機械作業 時間合計
第一重複	10,214	325	26	341
第二重複	10,341	334	23	356
第三重複	10,853	331	26	357
平均值 (時-分-秒)	10,469 2 小時 54 分 29 秒	330 5 分 30 秒	25 25 秒	351 =5 分 51 秒
標準偏差(SD)	338	5	2	9

註：調查日期：105 年 5 月 18 日試驗地點：臺南市麻豆區紀錄人員：陳水心

圖11. 修改後碎枝機刀具之中間刀片加長3公分為限。可顧及畦溝中央深度多於二側，並避免過長刀片毀損保護蓋。

圖12. 修改中段刀具之碎枝機就地碎化割除後老化母莖操作情形。

圖13.割除後母莖留置超過3日以上，因母莖經日曬脫水造成柔韌度增加，易導致碎化石纏繞迴轉刀具軸。

圖14.防倒網支架設立勿過接近溫室立面牆，以避免阻礙碎枝機迴轉行進作業。

五、結論

設施蘆筍應用養液滴灌技術，並藉由土壤 EC 及水分含量感測器，可即時監土壤養分及水分變化，有助於維持土壤養水分穩定性，也證實養液滴灌不僅顯著提升產量，也增進品質。另應用綠籬機+割草機等輔具可成功運用於取代人利執行割除老化母莖作業；應用碎枝機則可快速就地碎化母莖，免除以人力將割除後母莖搬移至設施外之處理困境，且作業效率均較應用人力作業達更快速。

六、參考文獻

1. 陳水心、楊藹華、鄭安秀、陳文雄。2007。臺灣蘆筍品種與栽培技術。135:1-18。
2. 陳水心、盧子淵。2013。蘆筍設施栽培技術及效益評估。臺南區農業專訊。86:1-6。
3. 陳水心、謝明憲。2015。設施蘆筍冬季生產技術。臺南區農業專訊。91:12-14。
4. 游景昌。2001。自走式果樹殘枝粉碎機之簡介。高雄區農業專訊。36:20-21。
5. 游景昌。2002。自走式果樹殘枝粉碎機之研製。高雄區農業改良場研究彙報。14(1):1-12。
6. 彭柳林、餘豔鋒、周開洪。2015。世界蘆筍生產及貿易情況研究。世界農業。9:136-142。
7. 謝明憲。2014。節水省肥的滴灌栽培。科學發展。496:20-26。
8. 謝明憲、陳水心、鍾瑞永。2016。設施蘆筍老化母莖田間碎化作業。臺南區農業專訊。97:5-7。
9. 謝明憲、陳水心。2017。臺灣生鮮蘆筍消費市場與進口變動趨勢。臺南區農業專訊。99:11-15。
10. 謝明憲、陳水心、楊藹華。2017。設施蘆筍結合留母莖與不留母莖管理之周年生產效益. 研究。臺南區農業改良場研究彙報69：14-29。
11. Drost, D.T., 1996.Iirrigation budget and plant growth of asparagus. *ActaHorticulturae*. 415: 343-350.